

MTDYC 2.11.31

FECHA : SEPTIEMBRE, 1.995

MANUAL TECNICO DE DISTRIBUCION Y CLIENTES

CRITERIOS DE EJECUCION DE PUESTA A TIERRA DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACION

NORMATIVO: [X]

INFORMATIVO: [ ]

Preparado por : **NOTEC-NORIN**



MTDYC 2.11.31

FECHA : SEPTIEMBRE, 1.995

MANUAL TECNICO DE DISTRIBUCION Y CLIENTES

ORGANISMO	FECHA	FIRMA	ORGANISMO	FECHA	FIRMA
			NOTEC	95-10-06	[firma]
			INSIS	95-10-16	[firma]

CRITERIOS DE EJECUCION DE PUESTA A TIERRA

DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACION

INDICE

Continúa en páginas 2 a 24

0 OBJETIVOS

Se pretende en este documento establecer los Criterios de Ejecución de Puesta a Tierra en los Centros de Transformación alimentados a una tensión £ 30 kV.

En este sentido, el documento se ha estructurado en una serie de capítulos en los que se contemplan los distintos tipos de instalaciones consideradas, acompañando para cada una de éstas las configuraciones de electrodos normalizados que satisfacen los requisitos establecidos en el MTDYC 2.11.30 "Criterios de Diseño de Puesta a Tierra de los Centros de Transformación" y, una serie de tablas en las que se detallan las zonas de utilización de dichos electrodos.

1 CRITERIOS DE EJECUCION DE ELECTRODOS DE PaT

1.1 Centros de Transformación intemperie sobre apoyo

Se proponen dos configuraciones de electrodos para Centros de Transformación intemperie sobre apoyo, que satisfacen los requisitos establecidos en el MTDYC 2.11.30 "Criterios de Diseño de PaT de los Centros de Transformación".

La denominación de los electrodos es la siguiente:

CTIA/1BPO Electrodo de bucle de 3x3 m a 0.5 m de profundidad

CTIA/1BP4 Electrodo de bucle de 3x3 m a 0.5 m de profundidad y 4 electrodos de pica de 2 m, en las esquinas del bucle, con la cabeza enterrada a 0.5 m de profundidad.

La Tabla 1 detalla las zonas de utilización de los electrodos, en función de la resistividad del terreno y de la intensidad de PaT.

Tabla 1
ELECTRODOS NORMALIZADOS
PARA CENTROS DE TRANSFORMACIÓN INTEMPERIE SOBRE APOYO

rango ρ_{eq} (ohm.m) \ Ipat (A)	100	250	500	750	1000	Rd (ohm)
menor de 5	CTIA\1BP0	CTIA\1BP0	CTIA\1BP0	CTIA\1BP0	CTIA\1BP0	0.7
entre 5 y 10	CTIA\1BP0	CTIA\1BP0	CTIA\1BP0	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	1.5/1.5
entre 10 y 50	CTIA/1BP0 + CH	CTIA/1BP0 + CH	CTIA/1BP0 + CH	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	7.6/5.3
entre 50 y 100	CTIA/1BP0 + CH	CTIA/1BP0 + CH	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	15/15
entre 100 y 200	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	30
entre 200 y 300	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP4+SAT	45/31.8
entre 300 y 500	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP4+SAT	75/53
entre 500 y 800	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP4+SAT	CTIA/1BP4+SAT	121/84.7
entre 800 y 1000	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP0 + SAT	CTIA/1BP4+SAT	CTIA/1BP4+SAT	151/106

CH: Capa de Hormigón seco (ρ_S = 3000 ohm.m)
SAT: Sistema Antitensión de Paso y Contacto (NI 09.09.01), a emplear sobre la capa de hormigón (CH).

Las líneas de tierra de los pararrayos se unirán, mediante conexiones lo más cortas posibles, a la cuba del transformador.

1.1.1 Disposiciones complementarias en el caso de zonas de elevado riesgo de tormentas.- Es conveniente tener en cuenta las siguientes recomendaciones cuando, en la zona donde se instale el Centro, exista un elevado riesgo de tormentas, a fin de que la descarga no origine, en apoyos limítrofes, una tensión resultante (NPR) superior al Nivel de Aislamiento (NA) en tales apoyos.

Si se prevén corrientes de descarga de 10 KA, se colocarán además, como electrodo de Puesta a Tierra:

- Cuatro conductores desnudos, de la misma sección que los del electrodo principal, enterrados horizontalmente a 0.5 metros, en direcciones radiales, desde el centro del electrodo principal, formando entre sí, como mínimo, ángulos de 60 grados, preferiblemente 90 grados, y con las siguientes longitudes unitarias:

- Para resistividades de hasta 100 Ω.m, 10 metros
- Para resistividades de hasta 500 Ω.m, 30 metros
- Para resistividades de hasta 1000 Ω.m, 45 metros
- Se realizará un tratamiento del suelo a fin de mejorar su conductividad de forma duradera.

En la figura 1 se representa un esquema de dicha configuración.

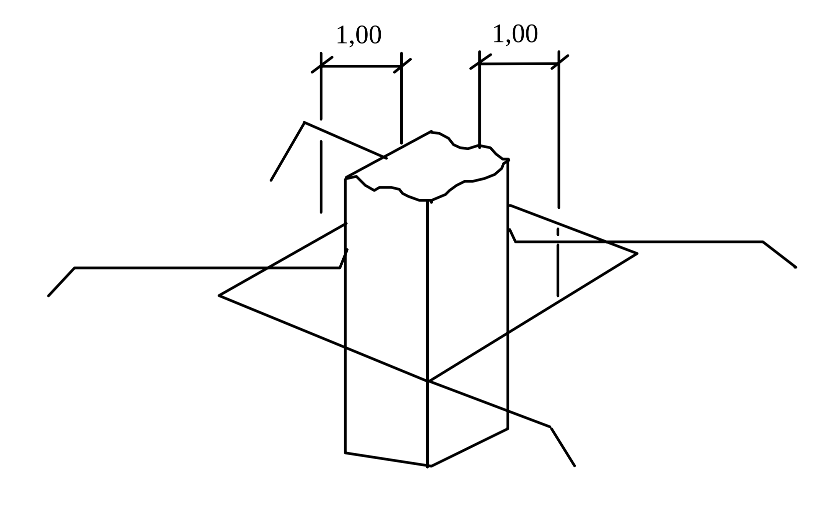


Fig. 1

1.1.2 Disposición de las PaT de servicio y protección en centros de transformación intemperie sobre apoyo.- En la tabla 2 que se adjunta a continuación, se indica las situaciones en las que los electrodos de las puestas a tierra de protección y servicio pueden ir unidos (en el caso que el potencial absoluto del electrodo adquiera un potencial menor o igual a 1000V) y cuando deben ir separados. En los casos que aparecen dos opciones, éstas corresponden, en el orden indicado, a los electrodos señalados en la tabla 1.

En la tabla 3 se indica el potencial que debe soportar el aislamiento del cable de PaT de servicio en la zona de cruce con el electrodo de PaT de protección, **suponiendo que los cables están en contacto. Los valores que se indican se verán considerablemente reducidos (aproximadamente a la cuarta parte) siempre y cuando se separen los cables como mínimo 30 cm. en el plano vertical. Esta consideración se hace extensiva a todas las tablas similares a la tabla 3 del presente documento.**

En los casos que aparecen dos opciones, éstas corresponden, en el orden indicado, a los electrodos señalados en la tabla 1.

Tabla 2
DISPOSICION DE LAS PaT DE PROTECCION
Y SERVICIO EN CENTROS DE TRANSFORMACION INTEMPERIE SOBRE APOYO
(en metros)

Ipat (A) / rango ρ_{eq} (ohm.m)	100	250	500	750	1000
menor de 5	UNIDAS				
entre 5 y 10				3.6	3.6
entre 10 y 50		3.6	6.7	9.8	11.4
entre 50 y 100	3.6	6.7	11.4	16.1	20.8
entre 100 y 200	6.7	11.4	20.8	31.7	41.0
entre 200 y 300	8.3	16.1	31.7	45.7	59.8
entre 300 y 500	11.4	27.0	50.4	73.8	97.2
entre 500 y 800	17.6	41.0	78.5	117.5	154.9
entre 800 y 1000	20.8	50.4	97.2	145.6	193.9

Tabla 3
POTENCIAL (VOLTIOS) QUE DEBE SOPORTAR EL AISLAMIENTO DEL CABLE DE PaT DE SERVICIO EN LA ZONA DE CRUCE CON EL ELECTRODO DE PaT DE PROTECCION

Ipat (A) / rango ρ_{eq} (ohm.m)	100	250	500	750	1000
menor de 5	UNIDAS				
entre 5 y 10				1134	1513
entre 10 y 50		1891	3782	5672	7563
entre 50 y 100	1513	3782	7563	11345	15126
entre 100 y 200	3025	7563	15126	22689	30252
entre 200 y 300	4538	11345	22689	34034	31767
entre 300 y 500	7563	18908	37815	56723	52945
entre 500 y 800	12101	30252	60505	63535	84713
entre 800 y 1000	15126	37815	75631	79418	105891

1.2 Centros de Transformación Intemperie Compacto

Se proponen dos configuraciones de electrodos que satisfacen los requisitos establecidos en el MTDYC 2.11.30 "Criterios de Diseño de PaT en los Centros de Transformación" .

La denominación de los electrodos es la siguiente:

CTIC/1BP0 Electrodo de bucle de 4,6x3,15 m a 0,5 m. de profundidad.

CTIC/1BP4 Electrodo de bucle de 4,6x3,15 m a 0,5 m. de profundidad y 4 electrodos de pica de 2 m. en las esquinas del bucle, con la cabeza enterrada a 0.5 m de profundidad.

En la figura 2 se muestra las dimensiones del centro prefabricado intemperie compacto, así como las posibles configuraciones del electrodo de puesta a tierra.

DIMENSIONES DEL CENTRO DE TRANSFORMACION INTEMPERIE COMPACTO
Y POSIBLES CONFIGURACIONES DEL ELECTRODO DE PaT

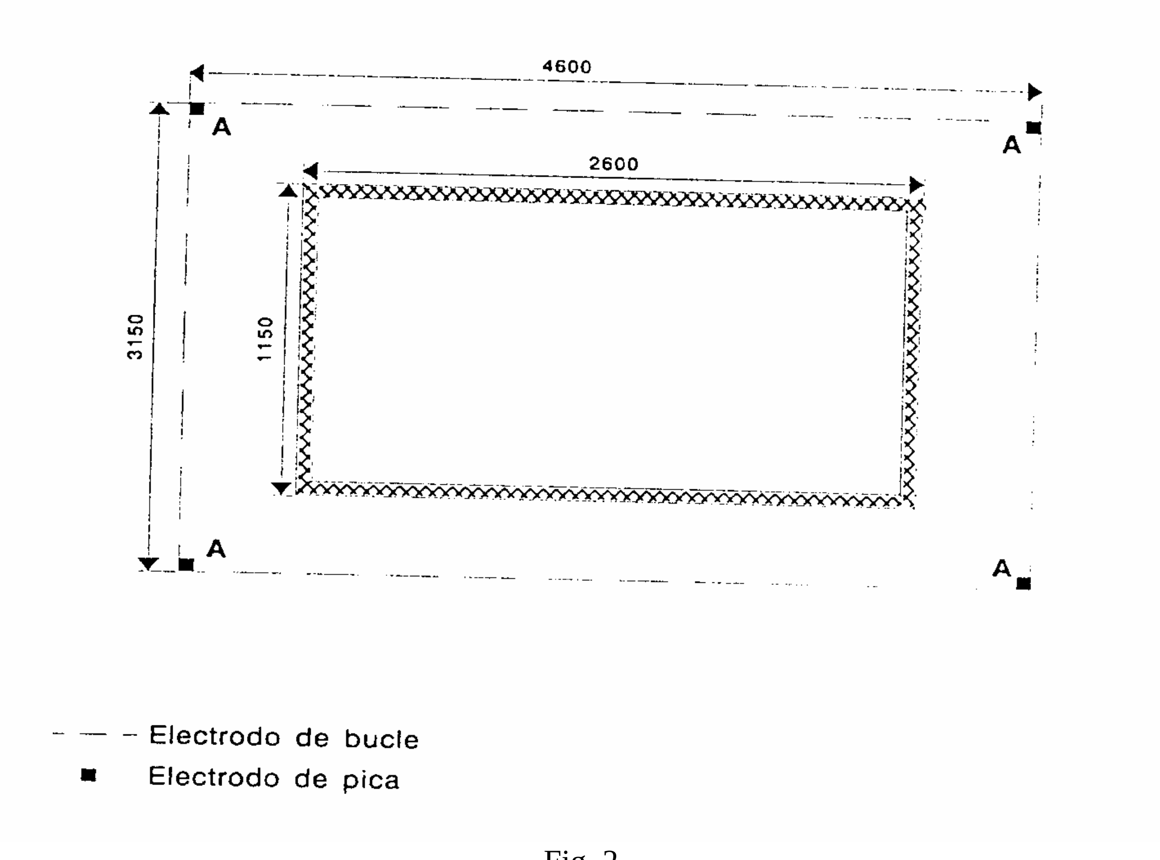


Fig. 2

La Tabla 4 detalla la zona de utilización de los electrodos, en función de la resistividad del terreno y de la intensidad de PaT.

Tabla 4

ELECTRODOS PARA CENTROS DE TRANSFORMACIÓN INTEMPERIE COMPACTO

rango ρ_{eq} (ohm.m) \ Ipat (A)	100	250	500	750	1000	Rd (ohm)
menor de 5	CTIC/1BP0	CTIC/1BP0	CTIC/1BP0	CTIC/1BP0	CTIC/1BP0	0.63
entre 5 y 10	CTIC/1BP0	CTIC/1BP0	CTIC/1BP0	CTIC/1BP0	CTIC/1BP0 + SAT	1.3/1.3
entre 10 y 50	CTIC/1BP0 + CH	CTIC/1BP0 + CH	CTIC/1BP0 + CH	CTIC/1BP0 + CH	CTIC/1BP0 + SAT	6.3/6.3
entre 50 y 100	CTIC/1BP0 + CH	CTIC/1BP0 + CH	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	13/13
entre 100 y 200	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	25.3
entre 200 y 300	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	37.9
entre 300 y 500	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	63.2
entre 500 y 800	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP4+SAT	101/76
entre 800 y 1000	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP0 + SAT	CTIC/1BP4+SAT	126/94

CH: Capa de Hormigón seco (ρ_S = 3000 ohm.m)
SAT: Sistema Antitensión de Paso y Contacto (NI 09.09.01), a emplear sobre la acera perimetral (CH).

1.2.1 Disposición de las PaT de servicio y protección en centros de transformación intemperie compactos.- En la Tabla 5 que se adjunta a continuación, se indica las situaciones en las que los electrodos de las puestas a tierra de protección y servicio pueden ir unidos (en el caso que el potencial absoluto del electrodo adquiera un potencial menor o igual a 1000 V) y cuando deben ir separados.

Se añade además la distancia de separación entre ambas puestas a tierra cuando deban estar separadas.

Tabla 5
DISPOSICION DE LAS PaT DE PROTECCION Y SERVICIO EN CENTROS DE TRANSFORMACION INTEMPERIE COMPACTOS
(en metros)

Ipat (A) / rango ρ_{eq} (ohm.m)	100	250	500	750	1000
menor de 5	UNIDAS				
entre 5 y 10					3.6
entre 10 y 50		3.6	8.3	9.8	13.0
entre 50 y 100	3.6	8.3	13.0	17.6	22.3
entre 100 y 200	6.7	13.0	22.3	31.7	41.0
entre 200 y 300	8.3	17.6	31.7	45.6	59.8
entre 300 y 500	13.0	27.0	50.4	73.8	97.2
entre 500 y 800	17.6	41.0	78.5	117.5	154.9
entre 800 y 1000	22.3	50.4	97.2	145.6	193.9

En la tabla 6 se indica el potencial que debe soportar el aislamiento del cable de PaT de servicio en la zona de cruce con el electrodo de PaT de protección.

Tabla 6
POTENCIAL (VOLTIOS) QUE DEBE SOPORTAR EL AISLAMIENTO DEL CABLE DE PaT DE SERVICIO EN LA ZONA DE CRUCE CON EL ELECTRODO DE PaT DE PROTECCION

Ipat (A) / rango ρ_{eq} (ohm.m)	100	250	500	750	1000
menor de 5	UNIDAS				
entre 5 y 10					1264
entre 10 y 50		1580	3161	4741	6321
entre 50 y 100	1264	3161	6321	9482	12642
entre 100 y 200	2528	6321	12642	18963	25284
entre 200 y 300	3793	9482	18963	28445	37927
entre 300 y 500	6321	15803	31605	47408	63211
entre 500 y 800	10114	25284	50569	75853	75482
entre 800 y 1000	12642	31605	63211	94816	94353

1.3 Centros de Transformación prefabricados de superficie

1.3.1 Centro de Transformación tipo EP-1 (Planta 3280x2380 mm).- Se propone una configuración de electrodos que satisfacen los requisitos establecidos en el MTDYC 2.11.30 "Criterios de Diseño de PaT en los Centros de Transformación".
La denominación del electrodo es la siguiente:

EP-1/1BP0 Electrodo de bucle de 6x5 m a 0,5 m. de profundidad.

En la figura 3 se muestra las dimensiones del Centro de Transformación prefabricado de superficie EP-1, así como la configuración del electrodo de PaT.

DIMENSIONES DE CENTROS DE TRANSFORMACION PREFABRICADOS DE SUPERFICIE EP-1 Y POSIBLES CONFIGURACIONES DEL ELECTRODO DE PaT

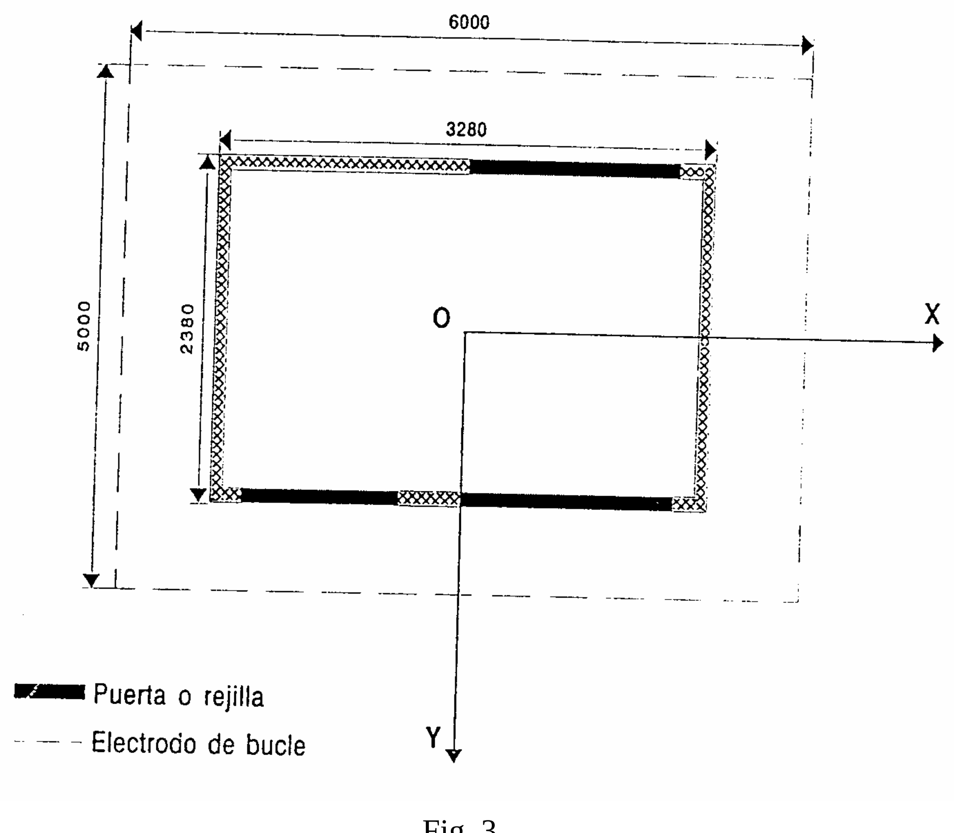


Fig. 3

La Tabla 7 detalla la zona de utilización de los electrodos, en función de la resistividad del terreno y de la intensidad de PaT.

Tabla 7

ELECTRODOS NORMALIZADOS PARA

CENTROS DE TRANSFORMACION PREFABRICADOS DE SUPERFICIE EP-1

Ipat (A) / rango ρ_{eq} (ohm.m)	100	250	500	750	1000	Rd (ohm)
menor de 5	EP-1/1BP0	EP-1/1BP0	EP-1/1BP0	EP-1/1BP0	EP-1/1BP0	0.46
entre 5 y 10	EP-1/1BP0	EP-1/1BP0	EP-1/1BP0	EP-1/1BP0	EP-1/1BP0	0.92
entre 10 y 50	EP-1/1BP0 + CH	EP-1/1BP0 + CH	EP-1/1BP0 + CH	EP-1/1BP0 + CH	EP-1/1BP0 + CH	4.6
entre 50 y 100	EP-1/1BP0 + CH	EP-1/1BP0 + CH	EP-1/1BP0 + CH	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	9.2/9.2
entre 100 y 200	EP-1/1BP0 + CH	EP-1/1BP0 + CH	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	18.4/18.4
entre 200 y 300	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	27.5
entre 300 y 500	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	46
entre 500 y 800	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	73.4
entre 800 y 1000	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	EP-1/1BP0 + SAT	92

CH: Capa de Hormigón seco (ρ_S = 3000 ohm.m)
SAT: Sistema Antitensión de Paso y Contacto (NI 09.09.01), a emplear sobre la acera perimetral (CH).

1.3.2 Centro de Transformación tipo EP-1T (Planta 4460x2380 mm).- Se propone una configuración de electrodos que satisface los requisitos establecidos en el MTDYC 2.11.30 "Criterios de Diseño de PaT en los Centros de Transformación".

La denominación del electrodo es la siguiente:

EP-1T/1BP0 Electrodo de bucle de 7x5 m a 0,5 m. de profundidad.

En la figura 4 se muestran las dimensiones del Centro de Transformación prefabricado de superficie EP-1T, así como la configuración del electrodo de PaT.

DIMENSIONES DE CENTROS DE TRANSFORMACION PREFABRICADOS
DE SUPERFICIE EP-1T Y POSIBLES CONFIGURACIONES DEL ELECTRODO DE PaT

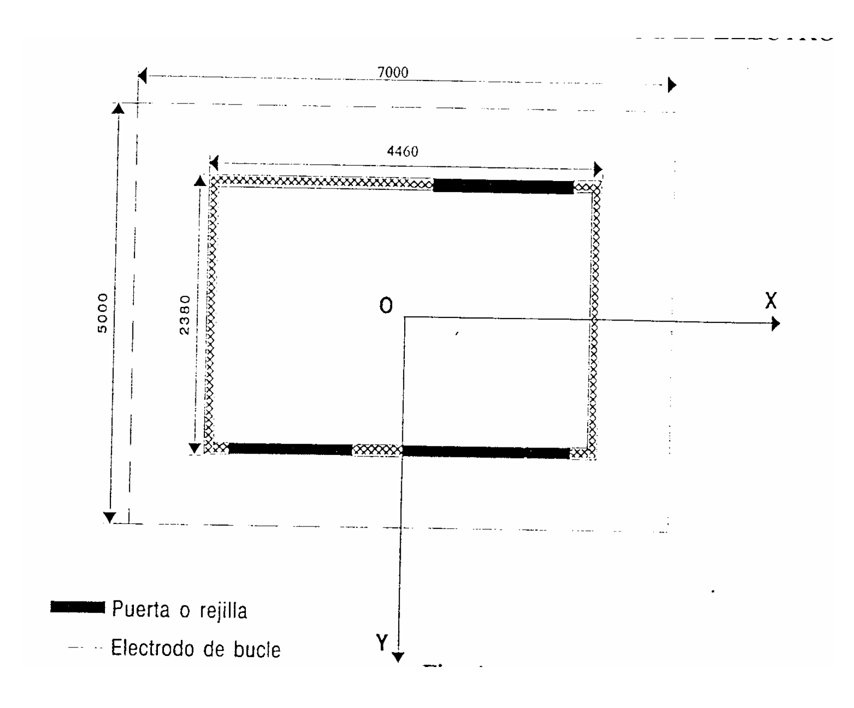


Fig. 4

La tabla 8 detalla la zona de utilización de los electrodos, en función de la resistividad del terreno y de la intensidad de PaT.

Tabla 8
ELECTRODOS NORMALIZADOS PARA CENTROS DE TRANSFORMACION PREFABRICADOS DE SUPERFICIE EP-1T

<table>
<tr><th>Ipat (A)
rango ρ_{eq} (ohm.m)</th><th>100</th><th>250</th><th>500</th><th>750</th><th>1000</th><th>Rd (ohm)</th></tr>
<tr><td>menor de 5</td><td colspan="5" rowspan="2">EP-2/1BP0</td><td>0.43</td></tr>
<tr><td>entre 5 y 10</td><td>0.86</td></tr>
<tr><td>entre 10 y 50</td><td colspan="5">EP-2/1BP0 + CH</td><td>4.3</td></tr>
<tr><td>entre 50 y 100</td><td colspan="3">EP-2/1BP0 + CH</td><td colspan="2">EP-2/1BP0 + SAT</td><td>8.6/8.6</td></tr>
<tr><td>entre 100 y 200</td><td colspan="2">EP-2/1BP0 + CH</td><td colspan="3">EP-2/1BP0 + SAT</td><td>17.1/17.1</td></tr>
<tr><td>entre 200 y 300</td><td colspan="5" rowspan="4">EP-2/1BP0 + SAT</td><td>25.6</td></tr>
<tr><td>entre 300 y 500</td><td>42.7</td></tr>
<tr><td>entre 500 y 800</td><td>68.4</td></tr>
<tr><td>entre 800 y 1000</td><td>85.5</td></tr>
</table>

CH: Capa de Hormigón seco (ρs = 3000 ohm.m)
SAT: Sistema Antitensión de Paso y Contacto (NI 09.09.01) a emplear sobre la acera perimetral (CH).

1.3.3 Centro de Transformación tipo EP-2 (Planta 6080x2380 mm).- Se propone una configuración de electrodo que satisface los requisitos establecidos en el MTDYC 2.11.30 "Criterios de Diseño de PaT en los Centros de Transformación".

La denominación del electrodo es la siguiente:

EP-2/1BP0 Electrodo de bucle de 8x5 m a 0,5 m. de profundidad.

En la figura 5 se muestran las dimensiones del Centro de Transformación prefabricado de superficie EP-2, así como la configuración del electrodo de PaT.

DIMENSIONES DE CENTROS DE TRANSFORMACION PREFABRICADOS DE SUPERFICIE EP-2 Y POSIBLES CONFIGURACIONES DEL ELECTRODO DE PaT

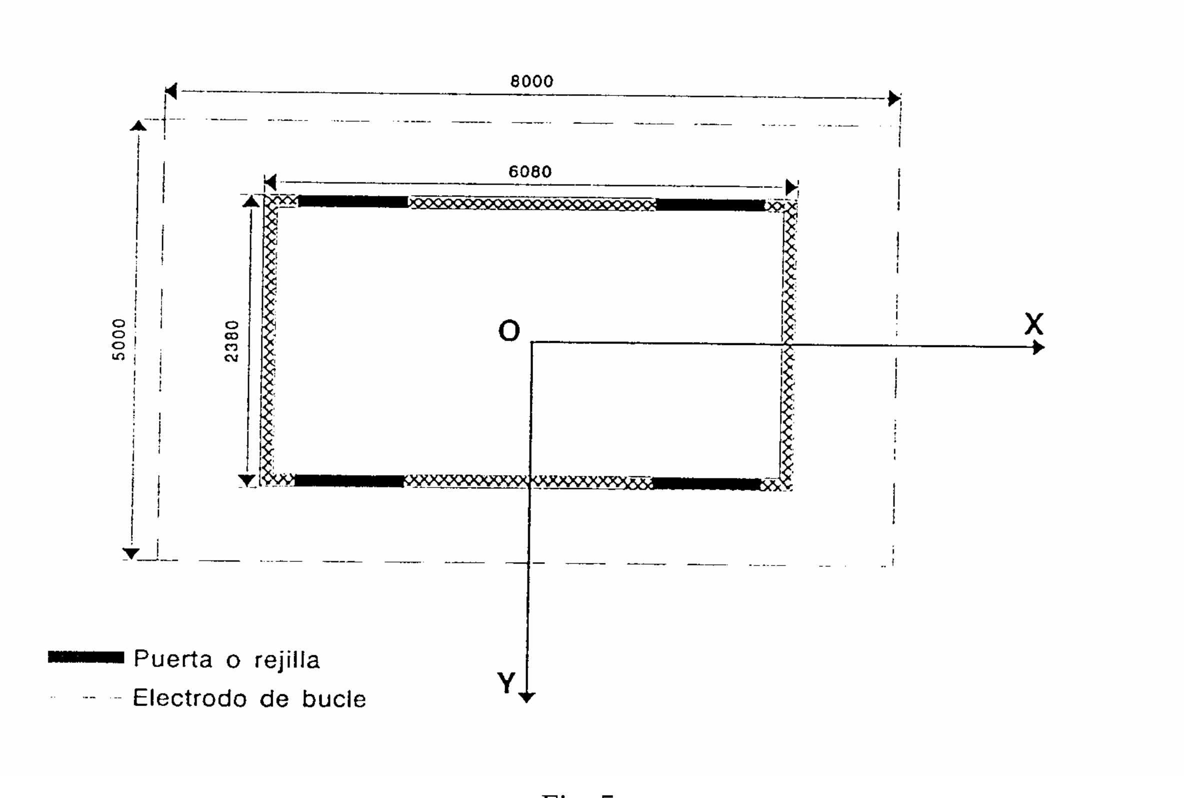


Fig. 5

La Tabla 9 detalla la zona de utilización de los electrodos, en función de la resistividad del terreno y de la intensidad de PaT.

Tabla 9
ELECTRODOS NORMALIZADOS PARA CENTROS DE
TRANSFORMACIÓN PREFABRICADOS DE SUPERFICIE EP-2

Ipat (A) / rango ρ_{eq} (ohm.m)	100	250	500	750	1000	Rd (ohm)
menor de 5	EP-2/1BP0	EP-2/1BP0	EP-2/1BP0	EP-2/1BP0	EP-2/1BP0	0.4
entre 5 y 10	EP-2/1BP0	EP-2/1BP0	EP-2/1BP0	EP-2/1BP0	EP-2/1BP0	0.8
entre 10 y 50	EP-2/1BP0	EP-2/1BP0	EP-2/1BP0 + CH	EP-2/1BP0 + CH	EP-2/1BP0 + CH	4/4
entre 50 y 100	EP-2/1BP0 + CH	EP-2/1BP0 + CH	EP-2/1BP0 + CH	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	8/8
entre 100 y 200	EP-2/1BP0 + CH	EP-2/1BP0 + CH	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	16/16
entre 200 y 300	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	24
entre 300 y 500	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	40
entre 500 y 800	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	64
entre 800 y 1000	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	EP-2/1BP0 + SAT	80

CH: Capa de Hormigón seco (ρs = 3000 ohm.m)
SAT: Sistema Antitensión de Paso y Contacto (NI 09.09.01), a emplear sobre la acera perimetral.

1.3.4 Disposición de las PaT de servicio y protección en centros de transformación prefabricados de superficie

-Tipo EP-1

En la tabla 10, que se adjunta a continuación, se indica las situaciones en las que los electrodos de puesta a tierra de protección y servicio pueden ir unidos (en el caso que el potencial absoluto del electrodo adquiera un potencial menor o igual a 1000V.), y cuando deben ir separados, en centros de transformación prefabricados de superficie tipo EP-1.

Se añade además la distancia de separación entre ambas puestas a tierra cuando deban estar separadas.

Tabla 10
DISPOSICION DE LAS PaT DE PROTECCION Y SERVICIO EN CENTROS DE TRANSFORMACION PREFABRICADOS DE SUPERFICIE EP-1
(en metros)

Ipat (A) / rango ρ_{eq} (ohm.m)	100	250	500	750	1000
menor de 5	UNIDAS				
entre 5 y 10	UNIDAS				
entre 10 y 50	UNIDAS	4.8	8.2	9.8	13.2
entre 50 y 100	UNIDAS	8.2	13.2	16.6	21.6
entre 100 y 200	4.8	13.2	21.6	31.7	41.0
entre 200 y 300	8.2	16.6	31.7	45.1	60.2
entre 300 y 500	13.2	26.8	50.2	73.7	98.9
entre 500 y 800	18.2	40.1	78.7	117.4	156.0
entre 800 y 1000	21.6	50.2	98.9	145.9	193.0

En la tabla 11 se indica el potencial que debe soportar el aislamiento del cable de PaT de servicio en la zona de cruce con el electrodo de PaT de protección.

Tabla 11
POTENCIAL (VOLTIOS) QUE DEBE SOPORTAR EL AISLAMIENTO DEL CABLE DE PaT DE SERVICIO EN LA ZONA DE CRUCE CON EL ELECTRODO DE PaT DE PROTECCION

Ipat (A) / rango ρ_{eq} (ohm.m)	100	250	500	750	1000
menor de 5	UNIDAS				
entre 5 y 10	UNIDAS				
entre 10 y 50	UNIDAS	1148	2295	3443	4590
entre 50 y 100	UNIDAS	2295	4590	6885	9181
entre 100 y 200	1836	4590	9181	13771	18361
entre 200 y 300	2754	6885	13771	20656	27542
entre 300 y 500	4590	11476	22951	34427	45903
entre 500 y 800	7344	18361	36722	55083	73444
entre 800 y 1000	9181	22951	45903	68854	91805

-Tipo EP-1T

En la tabla 12, que se adjunta a continuación, se indica las situaciones en las que los electrodos de las puesta a tierra de protección y servicio pueden ir unidos (en el caso que el potencial absoluto del electrodo adquiera un potencial menor o igual a 1000 V.), y cuando deben ir separados, en Centros de Transformación prefabricados de superficie tipo EP-1T.

Se añade además la distancia de separación entre ambas puestas a tierra cuando deban estar separadas.

Tabla 12
DISPOSICION DE LAS PaT DE PROTECCION Y SERVICIO EN CENTROS DE TRANSFORMACION PREFABRICADOS DE SUPERFICIE EP-1T
(en metros)

Ipat (A) / rango ρ_{eq} (ohm.m)	100	250	500	750	1000
menor de 5	UNIDAS	UNIDAS	UNIDAS	UNIDAS	UNIDAS
entre 5 y 10	UNIDAS	UNIDAS	UNIDAS	UNIDAS	UNIDAS
entre 10 y 50	UNIDAS	6.0	6.0	11.4	13.2
entre 50 y 100	UNIDAS	6.0	13.2	16.8	22.2
entre 100 y 200	6.0	13.2	22.2	31.2	40.2
entre 200 y 300	9.6	16.8	31.2	45.6	60.0
entre 300 y 500	13.2	27.6	51.0	51.2	97.8
entre 500 y 800	18.6	40.2	79.8	117.6	155.4
entre 800 y 1000	22.2	51.0	97.8	146.4	193.2

En la tabla 13 se indica el potencial que debe soportar el aislamiento del cable de PaT de servicio en la zona de cruce con el electrodo de PaT de protección.

Tabla 13

POTENCIAL (VOLTIOS) QUE DEBE SOPORTAR EL AISLAMIENTO DEL CABLE DE PaT DE SERVICIO EN LA ZONA DE CRUCE CON EL ELECTRODO DE PaT DE PROTECCION

Ipat (A) / **rango ρ_{eq} (ohm.m)**	**100**	**250**	**500**	**750**	**1000**
menor de 5	UNIDAS				
entre 5 y 10					
entre 10 y 50		1069	2137	3206	4274
entre 50 y 100		2137	4274	6411	8549
entre 100 y 200	1710	4274	8549	12823	17097
entre 200 y 300	2754	6885	13771	20656	27542
entre 300 y 500	4274	10686	21371	12259	42743
entre 500 y 800	6839	17097	34194	51291	68388
entre 800 y 1000	8549	21371	42743	64114	85485

-Tipo EP-2

En la tabla 14, que se adjunta a continuación, se indica las situaciones en las que los electrodos de las puesta a tierra de protección y servicio pueden ir unidos (en el caso que el potencial absoluto del electrodo adquiera un potencial menor o igual a 1000 V.), y cuando deben ir separados, en Centros de Transformación prefabricados de superficie tipo EP-2.

Se añade además la distancia de separación entre ambas puestas a tierra cuando deban estar separadas.

Tabla 14
DISPOSICION DE LAS PaT DE PROTECCION Y SERVICIO EN CENTROS DE TRANSFORMACION PREFABRICADOS DE SUPERFICIE EP-2
(en metros)

Ipat (A) / rango ρ_{eq} (ohm.m)	100	250	500	750	1000
menor de 5	UNIDAS				
entre 5 y 10	UNIDAS				
entre 10 y 50		6.0	9.6	11.4	13.2
entre 50 y 100		9.6	13.2	16.8	22.2
entre 100 y 200	6.0	13.2	22.2	31.2	40.2
entre 200 y 300	9.6	16.8	31.2	47.2	61.4
entre 300 y 500	13.2	27.6	50.6	74.4	97.8
entre 500 y 800	18.6	42.0	50.6	117.6	155.4
entre 800 y 1000	22.2	51.0	97.8	146.4	193.2

En la tabla 15 se indica el potencial que debe soportar el aislamiento del cable de PaT de servicio en la zona de cruce con el electrodo de PaT de protección.

Tabla 15
POTENCIAL (VOLTIOS) QUE DEBE SOPORTAR EL AISLAMIENTO DEL CABLE DE PaT DE SERVICIO EN LA ZONA DE CRUCE CON EL ELECTRODO DE PaT DE PROTECCION

Ipat (A) / rango ρ_{eq} (ohm.m)	100	250	500	750	1000
menor de 5	UNIDAS				
entre 5 y 10	UNIDAS				
entre 10 y 50		1001	2002	3003	4005
entre 50 y 100		2002	4005	6007	8009
entre 100 y 200	1602	4005	8009	12014	16018
entre 200 y 300	2403	6007	12014	10314	13752
entre 300 y 500	4005	10011	11032	30034	40046
entre 500 y 800	6407	16018	32037	48055	64073
entre 800 y 1000	8009	20023	40046	60068	80091

1.4 Centros de Transformación prefabricados subterráneos

Se propone una configuración de electrodos que satisface los requisitos establecidos en el MTDYC 2.11.30 "Criterios de Diseño de PaT en los Centros de Transformación".

La denominación del electrodo es la siguiente:

EPS/1BP0 Electrodo de bucle de 7,5x4 m a 0,5 m. de profundidad.

En la figura 6 se muestra las dimensiones del centro prefabricado subterráneo, así como la posible configuración del electrodo de puesta a tierra.

DIMENSIONES DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADOS SUBTERRÁNEOS Y POSIBLES CONFIGURACIONES DEL ELECTRODO DE PaT

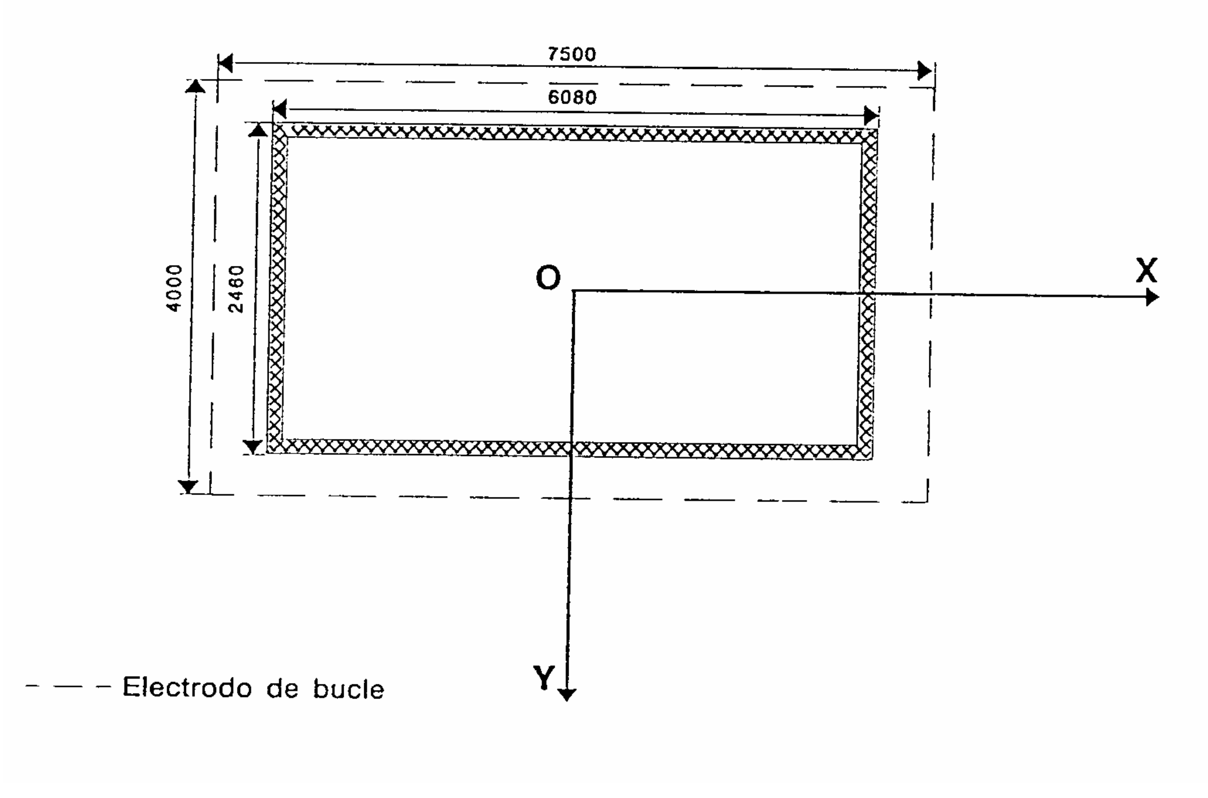


Fig. 6

La Tabla 16 detalla la zona de utilización de los electrodos, en función de la resistividad del terreno y de la intensidad de PaT.

Tabla 16

ELECTRODOS NORMALIZADOS PARA CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO SUBTERRANEO

Ipat (A) / rango ρ_{eq} (ohm.m)	100	250	500	750	1000	Rd (ohm)
menor de 5	EPS/1BP0	EPS/1BP0	EPS/1BP0	EPS/1BP0	EPS/1BP0	0.44
entre 5 y 10	EPS/1BP0	EPS/1BP0	EPS/1BP0	EPS/1BP0	EPS/1BP0	0.9
entre 10 y 50	EPS/1BP0 + CH	EPS/1BP0 + CH	EPS/1BP0 + CH	EPS/1BP0 + CH	EPS/1BP0 + CH	4.5
entre 50 y 100	EPS/1BP0 + CH	EPS/1BP0 + CH	EPS/1BP0 + CH	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	9/9
entre 100 y 200	EPS/1BP0 + CH	EPS/1BP0 + CH	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	18/18
entre 200 y 300	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	26.7
entre 300 y 500	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	44.5
entre 500 y 800	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	71.3
entre 800 y 1000	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	EPS/1BP0 + SAT	89.1

CH: Capa de Hormigón seco (ρ_S = 3000 ohm.m)

SAT: Sistema Antitensión de Paso y Contacto (NI 09.09.01), a emplear sobre la acera perimetral (CH).

1.4.1 Disposición de las PaT de servicio y protección en centros de transformación subterráneos.- En la Tabla 17 que se adjunta a continuación, se indica las situaciones en las que los electrodos de las puestas a tierra de protección y servicio pueden ir unidos (en el caso que el potencial absoluto del electrodo adquiera un potencial menor o igual a 1000 V) y cuando deben ir separados.

Se añade además la distancia de separación entre ambas puestas a tierra cuando deban estar separadas.

Tabla 17
DISPOSICION DE LAS PaT DE PROTECCION Y SERVICIO EN CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADOS SUBTERRÁNEOS
(en metros)

rango ρ_{eq} (ohm.m) \ Ipat (A)	**100**	**250**	**500**	**750**	**1000**
menor de 5	UNIDAS				
entre 5 y 10					
entre 10 y 50		6.0	9.6	11.4	13.2
entre 50 y 100		9.6	13.2	16.8	22.2
entre 100 y 200	6.0	13.2	22.2	31.2	40.2
entre 200 y 300	9.6	16.8	31.2	45.6	60.0
entre 300 y 500	13.2	27.6	51.4	74.4	97.8
entre 500 y 800	18.6	42.0	79.8	117.6	155.4
entre 800 y 1000	22.2	51.0	97.8	146.4	193.2

En la tabla 18 se indica el potencial que debe soportar el aislamiento del cable de PaT de servicio en la zona de cruce con el electrodo de PaT de protección.

Tabla 18
POTENCIAL (VOLTIOS) QUE DEBE SOPORTAR EL AISLAMIENTO DEL CABLE DE PaT DE SERVICIO EN LA ZONA DE CRUCE CON EL ELECTRODO DE PaT DE PROTECCION

rango ρ_{eq} (ohm.m) \ Ipat (A)	**100**	**250**	**500**	**750**	**1000**
menor de 5	UNIDAS				
entre 5 y 10					
entre 10 y 50		1113	2227	3340	4453
entre 50 y 100		2227	4453	6680	8907
entre 100 y 200	1781	4453	8907	13360	17813
entre 200 y 300	2672	6680	13360	20040	16720
entre 300 y 500	4453	11133	22266	33400	44533
entre 500 y 800	7125	17183	35626	53440	71253
entre 800 y 1000	8907	22266	44533	66799	89066

1.5 Centros de Transformación en edificios de otros usos (planta o sótano)

En este tipo de centros el electrodo de Puesta a Tierra estará formado por disposiciones lineales, realizándose la salida al exterior en cable aislado, y aprovechando, para la colocación del electrodo, las zanjas de los cables de alimentación del centro.

En todas las configuraciones se utilizarán electrodos de pica de 2 metros de longitud unidas por cable de cobre desnudo, siendo la distancia entre picas de 1.5 veces la longitud de las mismas, esto es, 3 metros, estando la cabeza enterrada a una profundidad de 0.5 metros como mínimo. La primera pica se colocará en el comienzo del cable de cobre (desnudo), excepto en el caso de una sola pica, estando ésta situada en el extremo final, como se ilustra en la figura 7.

DISPOSICION LINEAL EN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN EN EDIFICIOS DE OTROS USOS (PLANTA O SÓTANO)

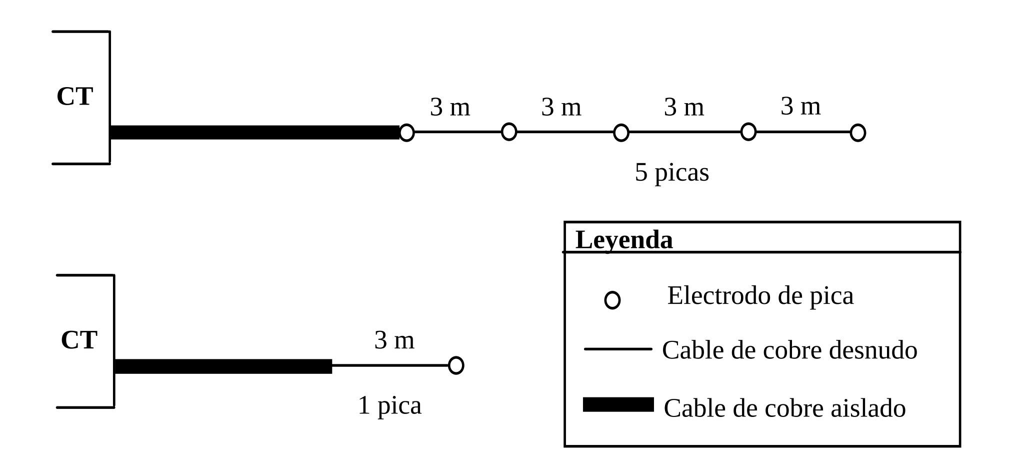


Fig. 7

La tabla 19 recoge las configuraciones normalizadas de electrodos de Puesta a Tierra para Centros de Transformación en edificios de otros usos (planta o sótano).

Tabla 19

CONFIGURACIONES DE ELECTRODOS DE PaT PARA CENTROS DE TRANSFORMACIÓN EN EDIFICIOS DE OTROS USOS (PLANTA O SÓTANO)

Rango resistividad equivalente (ohm m)	**Electrodo**	**Resistencia (ohm)**
menor 50	1P	12.8
entre 50 y 100	2P	19.5
entre 100 y 200	5P	17.9
entre 200 y 300	8P	17.6
entre 300 y 400	10P	19.6
entre 400 y 500	13P	19.9
entre 500 y 600	16P	19.9
entre 600 y 700	20P	19.4
entre 700 y 800	24P	19.1
entre 800 y 900	26P	20
entre 900 y 1000	30P	19.8

1.5.1 Disposición de las PaT de servicio y protección en centros de transformación en edificios de otros usos (planta o sótano).- En la Tabla 20 que se adjunta a continuación, se indica la separación que debe existir entre la PaT de Protección y Servicio en Centros de Transformación en edificios de otros usos (planta o sótano). En la Tabla 21, se añade además el potencial absoluto del electrodo de protección.

Tabla 20

DISPOSICIÓN DE LAS PaT DE PROTECCIÓN Y SERVICIO, EN CENTROS DE TRANSFORMACIÓN EN EDIFICIOS DE OTROS USOS (PLANTA O SÓTANO)

(en metros)

Ipat (A) / rango ρ_{eq} (ohm.m)	100	200	300	400	500
menor de 50					
entre 50 y 100					
entre 100 y 200					
entre 200 y 300			5		6
entre 300 y 400				5.5	8.5
entre 400 y 500				6.5	10
entre 500 y 600				7.5	11.5
entre 600 y 700				7.5	12.5
entre 700 y 800				8	13.5
entre 800 y 900				9.5	16
entre 900 y 1000				10	16.5

Tabla 21

POTENCIAL (VOLTIOS) QUE DEBE SOPORTAR EL AISLAMIENTO DEL CABLE DE PaT DE SERVICIO EN LA ZONA DE CRUCE CON EL ELECTRODO DE PaT DE PROTECCIÓN

Ipat (A) / rango ρ_{eq} (ohm.m)	100	200	300	400	500
menor de 50	490.89	981.78	1472.67	1963.56	2454.45
entre 50 y 100	651.67	1303.34	1955.3	2606.7	3258.57
entre 100 y 200	703.59	1407.18	2110.78	2814.37	3517.96
entre 200 y 300	750.17	1500.34	2250.51	3000.68	3750.85
entre 300 y 400	846.48	1692.96	2539.44	3385.92	4232.4
entre 400 y 500	866.52	1733.04	2599.55	3466.08	4332.59
entre 500 y 600	885.59	1771.18	2656.77	3542.36	4427.96
entre 600 y 700	867.52	1735.05	2602.56	3470.09	4337.61
entre 700 y 800	858.16	1716.32	2574.47	3432.63	4290.79
entre 800 y 900	905.74	1811.49	2717.24	3622.98	4528.73
entre 900 y 1000	897.325	1794.65	2691.97	3589.31	4486.62

1.5.2 Separación entre las Tomas de Tierra de las masas de utilización (edificios) y de las masas de un Centro de Transformación.- En la MI BT-39 apartado 9 del reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, se indica que las Tomas de Tierra de las masas de las instalaciones de utilización (edificios), NO ESTARAN UNIDAS a la Toma de Tierra de masas del Centro de transformación que se encuentre ubicado en su interior. Los distintos electrodos de PaT se diseñarán de forma que cumplan que la distancia entre las tomas de tierra del CT y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización sea al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (100 Ω.m). Cuando el terreno sea muy mal conductor, esta distancia será aumentada.